

С.Н. НАМАЗОВ, В.Ф. ГАХРАМАНОВ**УЛУЧШЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОРОШКОВЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА ПОСЛЕ ЦЕМЕНТАЦИИ И БОРИРОВАНИЯ**

В работе исследован процесс насыщения химико-термической обработкой поверхности железосодержащих композиционных материалов углеродом и бором и изучены механические свойства этих материалов.

Ключевые слова: железо, порошок, композиция, цементация, борирование, механические свойства, спекание, диффузия.

С.Н. НАМАЗОВ, В.Ф. ГАХРАМАНОВ**ПОЛІПШЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОРОШКОВИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ЗАЛІЗА ПІСЛЯ ЦЕМЕНТАЦІЇ І БОРИРУВАННЯ**

У роботі досліджено процес насичення хіміко-термічної обробкою поверхні залізовмісних композиційних матеріалів вуглецем і бором і вивчені механічні властивості цих матеріалів.

Ключові слова: залізо, порошок, композиція, цементация, борировання, механічні властивості, спікання, дифузія.

S.N. NAMAZOV, V. F. GAKHRAMANOV**IMPROVEMENT OF MECHANICAL PROPERTIES OF POWDER COMPOSITES MATERIALS ON THE BASIS OF DETERMINATION AFTER CEMENT AND BORING**

In this work the process of saturation by chemical and thermal treatment of the surface of iron-containing composite materials with carbon and boron is investigated and the mechanical properties of these materials are studied.

Keywords: iron, powder, composition, cementation, boring, mechanical properties, sintering, diffusion.

Введение. Эксплуатационные свойства порошковых композиционных материалов можно улучшить методом объемного или поверхностного легирования. Но повышение эксплуатационных свойств объемным легированием на производстве часто вызывает многочисленные затруднения, поэтому в большинстве случаев используется второй метод [1,2], метод поверхностного легирования химико-термической обработкой. Ранее проведенные исследования позволили установить в порошковых композициях кинетику образования диффузионных слоев и аналитически описать их механизм [4]. Разработаны технологические режимы получения двухкомпонентных покрытий в порошковых композициях на основе железа. Определены структура и свойства двухкомпонентных покрытий на непроницаемых, полупроницаемых и проницаемых порошковых композициях.

Кроме того изучены структура и свойства покрытий полученных путем последовательно насыщения с несколькими элементами и определены необходимые технологические параметры насыщения. С этой целью на спеченных порошковых композициях изучена особенность последовательно насыщения порошковых композиций углеродом и бором, и разработаны соответствующие технологические режимы [3,4]

В конструкционных порошковых композиционных поверхностное легирование более экономично и целесообразно, чем объемное легирование, поэтому химико-термической обработка

для этих групп материалов является более перспективным методом.

К второй группе относятся порошковые композиционные материалы специального назначения, например, фрикционные, антифрикционные, инструментальные, жаропрочные и т.д. Эти материалы как правило представляют собой высоколегированные сплавы, которые в отличие от обычных конструкционных материалов, достаточно удовлетворяют предъявляемым требованиям. Несмотря на это, эти материалы также могут подвергаться химико-термической обработке. Прежде всего это относится к инструментальному и жаропрочному порошковым композиционным сплавам. Например, известны примеры успешного применения борирования для повышения стойкости твердосплавных инструментов. Как правило, порошковые композиционные сплавы, на основе прочных трудно растворимых элементов дают положительные результаты после нанесения защитных покрытий, однако нецелесообразно применение нанесения в окислительной среде (например диффузией). Поэтому, необходимо проварить исследование химико-термической обработки порошковых композиционных материалов с целью повышения эксплуатационных свойств рабочей поверхности деталей машин [5]. Поскольку спрос на материалы и сплавы повышаются методы днём в промышленности и в других производственных областях, но природные ресурсы остаются неизменными. Именно поэтому повышение качества используемых материалов, а также рабочей

поверхности деталей машин необходим и является основной проблемой современной промышленности.

Известно [5], что большинство детали машин и технологического оборудования наряду с высокими механическими

© С.Н. Намазов, В.Ф. Гахраманов, 2018

высокой износостойкостью и сопротивляемостью к воздействию различных агрессивных сред. Получение таких изделий прессованием из высоколегированных стальных порошков связано с определенными технико-экономическими трудностями. В связи с этим последовательное насыщение рабочей поверхности деталей машин и механизмов углеродом и бором, является актуальным научным направлением, так как при этом возможно получение карбоборированного слоя, обладающего высокими износо и коррозионностойкостью.

Цель работы. В отличие традиционных методов получения порошковых композиций путем приготовления порошков, прессования, спекания и термической обработки методы упрочнения рабочих поверхностей спеченных композитов химико-термической обработкой, то есть последовательным комплексным насыщением углеродом и бором изучен недостаточно.

Целью данной работы является повышение комплекса свойств спеченных порошковых материалов образованием диффузионных покрытий на рабочей поверхности химико-термической обработкой. В работе проводятся результаты исследования диффузионного насыщения рабочих деталей из композиционных материалов путем обогащения углеродом и бором [1,2]

Изложение основного материала. В промышленности наши широкое распространение конструкционные и антифрикционные порошковые композиционные материалы. Они являются экономичными низколегированными сплавами, вместе с тем технологичны при изготовлении, но часто имеют невысокие эксплуатационные характеристики. Их основной составляет порошковый композиционные материалы на основе железа.

По мнению И. М. Федорченко [1] химико-термической обработка может значительно повысить надежность и долговечность деталей, изготовленных из конструкционных порошковых композиционных материалов.

Обсуждение результатов. В большинстве случаев процесс обогащения поверхности изделий неметаллами. Осуществляется в твердой и газовой средах результате которого например после цементации на изделии получается высокоуглеродистая диффузионная поверхность [4].

Целью цементации является в углеродистых и легированных стальных изделиях, содержащих 0,1-0,25% углерода, сохранение вязкости, повышение на рабочей поверхности твердости и сопротивление усталости.

Во многих случаях, детали машин и технологического оборудования, наряду с высокими механическими свойствами, должны обладать

высокой износостойкостью и стойкостью к воздействию различных агрессивных сред. Получение таких изделий из высоколегированного стального порошка путем прессования и спекания связаны с определенными технологическими трудностями.

В процессе борирования на поверхности изделий образуется высокая твердость (1800–2000 HV), в то же время повышаются сопротивление на износу и коррозии в различных средах.

На рисунке 1 показано влияние состава насыщающей смеси и условий насыщения бором.

Поверхности на углеродистом железе и сплава содержащие 3,6 и 9 % хрома, на глубину боридного слоя.

Процесс цементации композиций Ж и ЖХЗ проведены в специальном карбюризаторе, а композиции ЖХ6 и ЖХ9-в карбюризаторе следующего состава: % (по массе), 85% древесного угля, 15% бикарбонат натрия ($T = 9750\text{C}$, $\sigma = 4$ часа)

В цементированных композитах относительно того же состава и первичного состава композиций, боридные слои имеют более низкую глубину, а их целостность несколько высоки, из-за замедления диффузии углерода в процессе борирования.

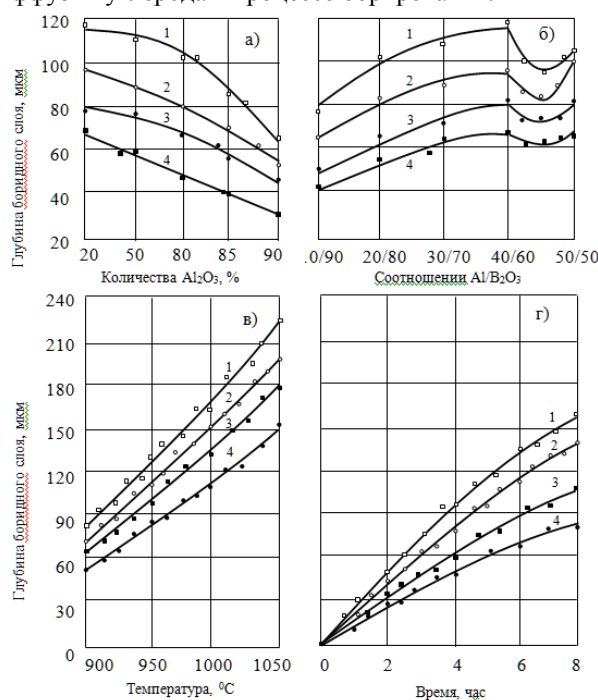


Рис. 1. Влияние состава насыщаемых смеси и условий насыщения на глубины боридного слоя в первичной цементации: железо (1) и композиты (плотность 95%, $T_{\text{цем}}=975^\circ\text{C}$, $\tau=4$ час, ЖХЗ(2), ЖХ6(3) ЖХ9(4): а- $\text{Al/B}_2\text{O}_3 = 30\%/70\%$, $T=9500\text{C}$, $\tau=4$ часа; б- $\text{Al/B}_2\text{O}_3=30\%/70\%$, $\text{Al}_2\text{O}_3=75\%$, $\tau=4$ час, г- $\text{Al/B}_2\text{O}_3=39$, $\text{Al}_2\text{O}_3=75\%$, $T=9500\text{C}$, $\tau=4$ час

Разница в глубине боридного слоя возрастает также по мере увеличения количества хрома. Кроме того, это объясняется увеличением концентрации углерода в цементированном слое и замедлением

поглощения его во время выдержки в процессе борирования. Хром также замедляет диффузию углерода в аустените.

Кроме того хром усложняет продвижение боридного слоя в глубь композиций. Поэтому диффузионные процессы в цементированных железо-хромистых композициях требуют дополнительные затраты энергии и времени.

В первично цементированных слоях композиций количество высокоборидных (Fe P) фаз сразу на 10-20% меньше, чем в карбюризаторе. Науглероживание не оказывает существенного влияния на микротвердость боридных фаз [5].

Переходная зона композиций, железо-хром характеризуется высоким содержанием углерода и избыточные карбидные включения, имеют структуру перлита, который зависит от количества первичных цементированных слоев и определяется составом композиций. Переходная зона и основной металл металлографический не отличаются. Количество карбидных включений от боридного слоя к центру уменьшается умеренно. Увеличение содержания хрома от 0% до 9% в композициях приводит к уменьшению глубины оснований (подложку) примерно в 1,5 раза [6].

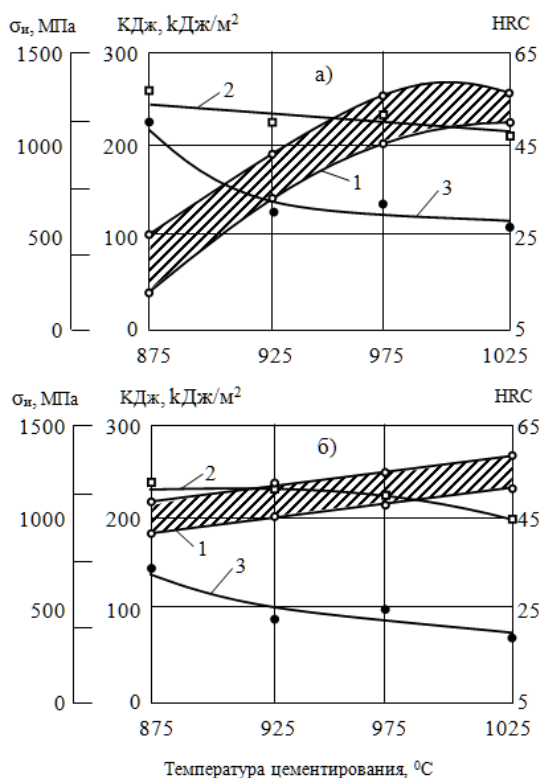


Рис.2. Влияние температуры первичной цементации ($\tau = 4$ часа) после борирования спеченного железа (а) и ЖХЗ (б) композита (плотность 95%) на их механические свойства ($T \approx 10000$ С, $\tau = 4$ часа) 1 – твердость, 2 – предел прочности при изгибе, 3 – ударная вязкость.

Основные закономерности влияния пористости на образование боридных покрытий типичны для железоуглеродистых материалов. Однако в

композициях железо-углерод, изменение общей глубины боридных слоев не существенно, а по глубине всего слоя бориды относительно меньше железа. Это связано с дополнительным эффектом степени науглероживания переходной зоны на процессе борирования, который определяется плотности исходного материала. Переходная зона и основание (подложка) имеют точные границы раздела в не проницаемых материалах 95% [4]. Уменьшением относительной плотности с 95% до 85% на границе переходной зоны структурные изменения менее важно и их металлогра-фические не возможно отличить.

Образцы с плотностью 75% от боридного слоя к центра имеют структуру перлита.

Влияние борирования на механические свойства первично цементированного железа относительно несколько ниже, чем после хромирования (рис.2).

Если ударная вязкость и предел прочности на изгиб после хромирования относительно выше, чем у отожженных образцах, а поверхностная твердость получается ниже, но после борирования обнаруживается противоречивые закономерности. Это, по сравнению с хромированием объясняется противоположным действием, бора и углерода, а также низкой температурой борирования [3].

При формировании боридного покрытия, углерод вытесняется в переходную зону. В переходной зоне повышение количества углерода и отсутствие бора благополучно влияет на прокаливаемость (рис.3). В этом случае упрочнение переходных зон достаточном по сравнению с цементацией и хромированием и обнаруживается при более низкой температуре первой цементации.

При объемном легировании спеченного железа хромом облегчается получение под боридным слоем твердой переходной зоны. Например при вводе в железо 3% хрома, твердая [H100 (400-600) МПа] переходная зона в спеченном железе может получаться примерно в 50°C ниже от температуры первичной цементации [4].

Это, в основном определяется одинаковым насыщением цементированного слоя железо-хромистых композитов повышенной концентрацией углерода и в последующем процессе борирования затрудненной диффузионном возгонкой и объясняется влиянием хрома на прокаливаемость композитов. Поэтому после двукратной обработки (цементация + борирование) в композиций [5], ЖХЗ толщина закаленной зоны в 2-2,5 раза больше, чем спеченного железа (рис. 3-в).

Насыщение углеродом и бором образцов с повышением содержания хрома в железе, от 3% до 9%-та не приводит к изменению поверхностной твердости и ударной вязкости, однако только повышается износостойкость.

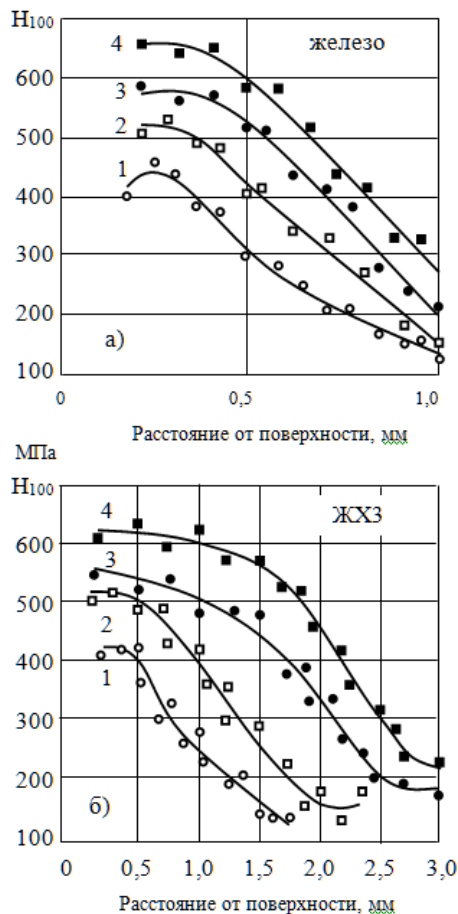


Рис.3. Изменение микротвердости по глубине диффузионного слоя, последовательно насыщенный углеродом ($\tau = 4$ часа) и бором ($T \approx 10000$ C, $\tau = 4$ часа) железа (а) и ЖХЗ композиита (а, б) (плотность 95%): Тцен = 8750 C (1), 9250 C (2), 9750 C (3) и 10250 C (4)

Выводы. Исследование влияния температуры и долговечности покрытия на кинетику покрытий в первичных цементированных композициях показало, что образование карбидных покрытий происходит довольно интенсивно при температурах 1100° C и выше, а скорость роста диффузионного слоя резко уменьшается, когда продолжительность насыщения увеличивается более чем на 4-6 часов

В железо-хромистых сплавах боридные покрытия по сравнению с покрытиями на чистом железе имеют низкую износостойкость. Это вероятно объясняется относительной хрупкостью легированных хромом боридов.

Основные закономерности влияния пористости на образование боридных покрытий в железе также характерны для железоуглеродистых материалов. Однако в композициях железо-углерод при изменении пористости от общей глубины боридного

слоя моно изменяется а глубина сплошного слоя боридов относительно мало в железе.

Список литературы

1. Андриевский Р.А., Федерченко И.М. Взаимная диффузия компонентов порошковых композиций. Изв. АН СССР, отделение техн. наук, 1991, №3, с. 728-732
2. Аксиферов В.Н., Акименко В.В. Спеченные легированные стали.-М.: -Металлургия, 1993, 89 с.
3. Ворошнин Л.Г., Ляхович Л.С., Ловшенко Ф.Г., Протасевич Г.Ф. /Химико-термическая обработка металлокерамических материалов. Минск: Наука и техника, 1977. 272 с.
4. Ворошнин Л.Г., Алиев А.А. Борирование из паст: монография. Астрахан: АГТУ, 2006. 287 с
5. Ляхович Л.С. Ворошнин Л.Г., Борирование стали. М.: Metallurgiya, 1997, 158 с.
6. Жунковский Г.Л., Колосветов Ю.П. Борирование твердых сплавов. Тезисы докладов VIII республиканской конференции. "Проблемы металлургии и прогрессивная технология термической обработки". Минск, БИНИ-ИНТИ, 1982, 3 с.
7. Пантеленко Ф.И., Хусид Б.М., Ворошнин Л.Г. О росте борированного слоя на сферическом порошке железа. // Вести Академии наук БССР. Сер. Физикотехн. наук. 1991. № 1. С. 22-24
8. Роман О.В., Беляев В.И., Куцер М.Я. Хромирование пористых материалов. В.кн. // "Порошковая металлургия и металлообработка". НТО, Машинпром, 1985, с. 32-44
9. Самсонов Г.В., Жунковский Г.Л. Защитные покрытия в металлах. Вып. 7, Киев, "Наукова думка", 1983, 230 с. Calmich P, Reviste de Metallurgie, 1990, 47, №3, p. 192-198
10. Calmich P, Reviste de Metallurgie, 1990, 47, №3, p. 192-198

References (transliterated)

1. Andrievskiy R.A., Federchenko I.M. Vzaimnaya diffuziya komponentov poroshkovykh kompozitsiy. Izv. AN SSSR, otdelenie tehn. nauk, 1991, №3, s. 728-732
2. Aktsiferov V.N., Akimenko V.V. Spechennyye legirovannyye stali. M.: -Metallurgiya, 1993, 89 s.
3. Voroshnin L.G., Lyahovich L.S., Lovshenko F.G., Protasevich G.F. /Himiko-termicheskaya obra-botka metallokeramicheskikh materialov. Minsk: Nauka i tehnika, 1977. 272 s.
4. Voroshnin L.G., Aliev A.A. Borirovanie iz past: monografiya. Astrahan: AGTU, 2006. 287 s
5. Lyahovich L.S. Voroshnin L.G., Borirovanie stali. M.: Metallurgiya, 1997, 158 s.
6. Junkovskiy G.L., Kolosvetov YU.P. Borirova-nie tverdykh splavov. Tezisy dokladov VIII respublikanskoy konferentsii. "Problemy metallurgiya i progressivnaya tehnologiya termicheskoy obrabotki". Minsk, BINI-INTI, 1982, 3 s.
7. Pantelenko F.I., Husid B.M., Voroshnin L.G. O roste borirovannogo sloya na sfericheskom poroshke jeleza. // Vesti Akademii nauk BSSR. Ser. Fizikotehn. nauk. 1991. № 1. S. 22-24
8. Roman O.V., Belyaev V.I., Kutser M.YA. Hromi-rovanie poristykh materi-alo. V.kn. // "Poroschkovaya metallurgiya i metalloobra-botka". NTO, Mashinprom, 1985, s. 32-44
9. Samsonov G.V., Junkovskiy G.L. Zashitnyie pokryitiya v metallah. Vyip. 7, Kiev, "Naukova dumka", 1983, 230 s. Calmich P, Reviste de Me-tallurgie, 1990, 47, №3, r. 192-198
10. Calmich P, Reviste de Metallurgie, 1990, 47, №3, r. 192-198

Поступила (received) 11.12.2018

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Намазов Субхан Надир (Намазов Субхан Надир, Namazov Subkhan Nadyr) – доктор технічних наук, професор, Азербайджанський Технічний Університет, завідувач кафедри «Металургія та металознавство»; м. Баку, Азербайджан; e-mail: ubhan_namazov@daad-alumni.de.

Гахраманов Фазайл Галандар (Гахраманов Фазайл Галандар, Hakhramanov Fazail Halandar) – кандидат технічних наук, доцент, Азербайджанський Технічний Університет, доцент кафедри «Металургія та металознавство»; м. Баку, Азербайджан; e-mail: qehremanovvurqun@gmail.com